

La fractalidad de la educación virtual: naturaleza y estructura

OSBALDO TURPO GEBERA

RESUMEN

La aplicación de las TIC en la educación suscita reflexionar sobre los marcos estructurales que la fundamentan. En ese sentido, la fractalidad constituye una aproximación a cómo se organiza y gestiona la educación virtual.

Este abordaje reconoce que en la dinámica educativa existen procesos recursivos e iterativos instituidos como secuencias progresivas, a modo de los fractales. Su devenir posibilita su comprensión como un sistema mediado por niveles sucesivos y articulados. En cada dimensión se plasman actividades propias, y a su vez, involucra la recurrencia a los subsiguientes niveles, como posibilidad resolutoria de las situaciones problemáticas. Así, el conocimiento construido responde a una acción colaborativa, de participación en red, desde el nivel autónomo hasta el cultural o viceversa.

Palabras clave: virtualidad, fractalidad, educación virtual, interactividad, factores educativos.

The virtual education fractality: nature and organization

ABSTRACT

The potential generated by ICT in education raises reflect on the underlying frameworks. In this sense, the fractal is an opportunity to explain how it organizes and manages virtual education.

This approach recognizes that educational dynamics are recursive and iterative processes instituted as progressive sequences, by way of fractals. This understanding enables becoming as mediated and articulated successive levels. In each dimension are embodied own activities and in turn, involves the recurrence of subsequent levels as possible solving of problem situations. Thus, the knowledge built in response to a collaborative action, participation in networks, ranging from autonomous to the cultural level or conversely.

Keywords: virtuality, fractality, virtual education, interactivity, educational factors.

1. Introducción

La época actual está signada por las vertiginosas transformaciones generadas por las tecnologías de la información y comunicación (TIC), que provocan un profundo impacto en el pensamiento y las acciones culturales y; sobre todo, en los fines, retos y formas de aprehensión¹. Por ello, resulta imprescindible develar las concepciones y prácticas que la fundamentan; es decir, cómo se estructuran las condiciones de formación en la sociedad informatizada. Asimismo, interesa reconocer el uso de las TIC en la operatividad de las propuestas didácticas; dado que «la educación consiste, ante todo, en hacer disponible para el sujeto el mundo no abarcado por la experiencia que él, solo con sus propios medios, no podría obtener» (Gimeno, 2001, p. 41).

Propiamente, el paradigma de la educación virtual (EV) abre las posibilidades de interconexión e intercomunicación propiciadas por la capacidad de las TIC para crear redes, a partir de Internet y, en especial, la *World Wide Web* (Bustos y Coll, 2010, p. 167). Optar por la EV² estriba en reconocer «que la relación comunicativa que se entabla entre maestros y discípulos, es una relación mediada por tecnologías de la información y la comunicación, que hace posible el encuentro sin la necesidad de que cuerpos, tiempos y espacio confluyan» (Unigarro, 2001, p. 66). Un intercambio fundado en la potencialidad que encarna la virtualidad, un decurso dinámico que subvierte lo digital para representar una posibilidad más real.

En ese sentido, reflexionar sobre la EV es trascendental, a fin de encauzar medios y recursos en la gestión sociotecnológica de los procesos de enseñanza y aprendizaje (PEA). Una mirada en profundidad mostrará la compleja trama de relaciones e interrelaciones suscitadas, la multiplicidad de niveles que articula y la variedad de sistemas puestos en funcionamiento en la titánica tarea de educar. Básicamente, la educación es comunicación y en la EV se caracteriza por el movimiento de las tecnologías digitales, que «enseña que comunicar no es simplemente transmitir, sino proporcionar la libertad de conectividad y de intervención del interlocutor. La comunicación solo se realiza mediante su participación» (Burgui, 2010, p. 188).

¹ «[...] la cultura de Internet es una cultura construida sobre la creencia tecnocrática en el progreso humano a través de la tecnología [...]» (Castells, 2001, p. 51).

² Concebir a la EV en opción a la educación digital parte de reconocer que la EV se cimienta sobre las herramientas digitales. Asimismo, presupone que lo digital es el medio o, más correctamente, los instrumentos para viabilizar la EV, como un espacio de interacción de la tecnología, la pedagogía y los sujetos participantes.

En el quehacer pedagógico se establecen múltiples conexiones internas densas, a modo de los fractales, que generan una multiplicidad de agrupamientos. Este tipo de organización espacial revela la presencia, entre otros elementos, de unos vértices altamente conectados que tienden a conectarse con otros vértices, también, altamente conectados y distribuidos jerárquicamente (Benito, 2009). En ese devenir, es posible concebir un proceso educativo gestado a partir del crecimiento en red, reproductor de estas características y cuya finalidad es producir redes cada vez más prolongadas, que puedan ser usadas como plataformas para desarrollar un fenómeno sociodinámico, como la EV. Esta es gestada desde la mezcla aleatoria de diversos procesos (contenidos, tutoría, etcétera) y patentizada a partir del alto grado de recursividad que configura a cada nodo educativo (estudiante, clase, aula, escuela, etcétera).

Reconocer la complejidad estructural de la EV presupone un abordaje teórico que asuma la fractalidad como marco de soporte sucesivo para su comprensión. Implica aproximaciones sucesivas desde el conectivismo, al integrar los principios explorados por las teorías de caos, redes, complejidad y auto-organización (Siemens, 2010) a fin de comprender las decisiones que conectan las estructuras que configuran la EV, y entender por donde discurre el estado actual de su conocimiento.

2. DINÁMICA DE LA EDUCACIÓN VIRTUAL: EL CARÁCTER FRACTAL

La educación es tanto explícita como implícitamente la práctica de un tipo de comunicación en los diversos escenarios donde se construye el conocimiento (escuela, aula, etcétera) y, a partir de la cual, se establecen diversas funciones comunicativas (transmitir, almacenar, procesar información). En los entornos formativos virtuales, «casi siempre encontraremos los siguientes elementos:

- referencia a experiencias previas compartidas;
- obtención de información;
- ofrecimiento de información (que entonces pasa a ser un recurso compartido);
- justificación de ideas y propuestas;
- evaluación de las aportaciones de los demás;
- repetición y reformulación de lo que dicen los demás» (Silva, 2005, p. 83).

La puesta en escena de la EV supone una tarea compleja que abarca el ambiente en sí, la organización del espacio y del tiempo educativo, la motivación, el contenido cultural, el método educativo, etcétera. Las TIC abren

opciones para la construcción del conocimiento, a partir del tiempo y espacio asincrónico y sincrónico, junto con la facilidad y variedad de espacios comunicacionales (foro, chat, videoconferencia, etcétera), en entornos reactivos con capacidad de respuesta electrónica (páginas web, base de datos, entre otros) y con opciones de reconstrucción virtual (multimedia interactivos, etcétera). La interactividad³ así promovida posibilita conexiones, provoca conversaciones y participaciones en colaboración, sugiere puntos de partida, abre escenarios de confrontación de ideas; y expresa el grado en que la comunicación trasciende la reacción, al constituir una variable de proceso que tiene que ver con la medida en que los mensajes siguen una secuencia y se interrelacionan unos con otros y con los anteriores mensajes (Marcelo y Perera, 2007).

Los procesos educativos en los entornos virtuales constituyen una secuencia de actos concatenados, estructurada en varios niveles y dimensiones, que va más allá de la simple interacción entre personas, en los roles de aprendiz y profesor. Representan una interacción entre problemas y el conocimiento de cómo tratar con ellos en una cultura determinada, del modo en el que la sociedad trata con el mundo.

Por consiguiente, la educación es el proceso por el cual se trasmite el cúmulo de conocimientos aceptados culturalmente (Tiffin y Rajasingham, 1997); mediante espacios virtuales educativos efectivos, que canalizan las tres vertientes básicas de las TIC: 1) la capacidad de trabajo en red, para una localización geográficamente dispersa de los participantes y un sincronismo, o asincronismo, de las actividades formativas; 2) las facilidades multimedia e hipermedia de información digital heterogénea y representada en diferentes formatos (texto, gráficos, sonido, etcétera) y de relación fácil y, 3) una interacción persona-ordenador sencilla, intuitiva, pedagógica y completa, soportada por interfaces de usuario que potencien la noción de uso, en lugar de buscar la espectacularidad y el encantamiento momentáneo del usuario (García *et al.*, 2001).

La evolución del horizonte cultural humano amplió el ámbito de las intermediaciones. Pasamos de una herramienta básica de organización tribal a un complejo sistema de tareas sumamente diferenciadas; es decir, de las reflexiones personales hasta la armonización con su contexto cultural. Este transcurrir se construyó a través de una intrincada interconexión de redes, que unidas entre sí articulan diversos niveles de la vida social (individuo, familia, escuela,

³ «La interactividad es crear conscientemente la disponibilidad de un *plus comunicacional* de modo expresivamente complejo y abrirse, al mismo tiempo, a las interacciones existentes y promover más y mejores interacciones, ya sea entre el usuario y las tecnologías digitales o analógicas o bien en las relaciones “presenciales” u “on-line” entre seres humanos» (Silva, 2005, p. 43).

comunidad, cultura), al configurar ámbitos propicios para el hecho educativo, reflejar un nivel de interacción entre sí y, ser susceptibles de modificarse unas a otras, a través del espacio y tiempo virtuales.

En esta era de la tecnología digital, la educación como acto comunicativo se construye en diversas ordenaciones, como los fractales, que intervienen a manera de estructuras sumarias que se agregan como formas legales de relacionamiento social y de naturaleza histórica, lo que revela un proceso recursivo. La recursividad expresa la iteración o repetición al infinito de una misma acción, eventos apreciables en la enseñanza y en el aprendizaje⁴ y, de forma casuística, como elementos del mismo, pero a la vez, como iniciadores y generadores del proceso.

Pero ¿cómo se ordena la educación a partir de las secuencias fractales? Para los matemáticos, «un *fractal* es un objeto geométrico cuya estructura básica se repite en diferentes escalas [...] En muchos casos, los fractales pueden ser generados por un proceso recursivo o iterativo capaz de producir estructuras autosimilares, independientemente de la escala específica. Los fractales son estructuras geométricas que combinan irregularidad y estructura»⁵. Su comprensión transita por descifrar las «propiedades que se aplican a cada fractal:

- dimensión fraccionaria
- compleja estructura a todas las escalas
- bifurcación infinita
- autosimilitud» (Wegner y Tyler, 1995, citado en Rodríguez, 2006, p. 69).

Lógicamente, los fractales no quedan relegados exclusivamente al reino de las construcciones matemáticas. La ampliación del concepto permite reconocer objetos que pueden ser identificados virtualmente en cualquier parte del mundo natural. La diferencia está en que los fractales «no naturales» (construidos artificialmente, como la educación) no son exactamente autosemejantes, sino tan solo al azar, en forma estadística o estocástica.

⁴ Concebimos la enseñanza-aprendizaje como un proceso unitario que tiene como finalidad la formación del participante. Aprender y enseñar se sostienen como actos didácticos: 1) son complementarios, en tanto se llevan a cabo dentro de un contexto, al constituir un «momento en que se procesa la información y los diferentes implicados adquieren un sentido pedagógico: lo mediacional, lo contextual, las estrategias [...]» (Ferrández, 1995, p. 67) y 2) son simultáneos, al implicar «un fenómeno que se vive y se crea desde dentro; esto es, procesos de interacción e intercambio regidos por determinadas intenciones» (Contreras, 1991, p. 23). Más propiamente, la enseñanza se entiende solo en relación con el aprendizaje y viceversa; y esta funcionalidad relaciona a todos los procesos vinculados a ellos, producidos dentro de un marco institucional e implican un medio y estrategias concretas.

⁵ Definición de fractal: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fractal>

Además, en los fractales naturales existen límites inferiores y superiores para el rango de escalas, en las cuales estos objetos son verdaderamente fractales. En los fractales «no naturales, artificiales o sociales», las formas rugosas (pero no autosemejantes) o suaves; en otras palabras, convencionalmente euclidianas, revelan una escala que guarda únicamente una similitud aproximada con la obtenida en otra escala. En cualquier caso, sean naturales o «artificiales», todos los fractales poseen dimensiones fraccionarias, divisibles entre sí (De Spinadel, 2003).

Dentro de los fractales, también son reconocibles los conocidos como *multifractales*. Estos son espacios geométricos en los que las relaciones entre sus partes están sujetas a cambios en cada iteración. Esto ocurre al retener algún tipo de autosemejanza, una característica más local que global (Mandelbrot, 1982), pedagógicamente, como el contenido a la competencia o a la unidad didáctica.

En los sistemas dinámicos, aquellos que cambian su comportamiento con el tiempo, como la EV, se convierten en impredecibles o *caóticos*, lo que hace necesario alguna ruta que posibilite pasar del orden al caos mediante los fractales (atractores o espacios «definidos»). Estos objetos no son entidades físicas reales, sino abstracciones que existen en el *espacio de las fases*; un espacio con tantas dimensiones para describir el comportamiento dinámico donde cada punto del espacio de las fases representa una sola medición del estado de un sistema dinámico, a medida que evoluciona en el transcurso del tiempo. Cuando todos estos puntos se unen entre sí, forman una trayectoria que se encuentra sobre la superficie de un atractor extraño (De Spinadel, 2003). Algunos atractores extraños (oportunidades de enseñanza y de aprendizaje) han sido identificados en estos casos, lo que sugiere la existencia de numerosas rutas que van del orden al caos. Esto significa una diversidad de prescripciones didácticas para llegar a la aparente adquisición del conocimiento que, a su vez, es desencadenante de una nueva necesidad de seguir indagando en su aprehensión.

En la dinámica de la EV, el tránsito complejo del quehacer pedagógico posibilita construir renovadas imágenes fractales de la complejidad educativa, en el supuesto de que «el nuevo paradigma tendrá éxito al enfrentarse a los muchos problemas que se presenten en su camino, sabiendo que solo el paradigma antiguo ha fallado en algunos casos» (Kuhn, 1975, p. 242). En ese cometido, los nuevos «paisajes» o nodos construidos constituyen soportes de muchos otros escenarios, que, en forma estática o animada, aportan a la labor educativa. El proceso exige cierta refinación a fin de precisar qué tipos de estructuras quedan incluidas y cuáles no, cómo se generan los procesos iterativos y qué roles desempeñan cada uno de los sujetos educativos; con el

propósito de articularlas y hacer equivalentes las experiencias educativas, en aras de la equidad y pertinencia (Silvio, 2006).

Pensar la complejidad de la EV desde la fractalidad implica concebir un estado de interrelaciones en progresivo cambio, una construcción constante del fenómeno educativo caracterizado por combinar continuidad e innovación, orden y caos con inestabilidades en supuesto equilibrio. Un estado que permite entender y actuar sobre este entramado; es decir, un proceso de (re) construcción definido por una interacción inconmensurable, signada por dos constructos que son diferentes. Por un lado, la virtualidad, representada por la potencialidad o latencia progresiva de lo real; y, por el otro, la fractalidad, por su creciente complejidad y aparente indefinición; pero que, en conjunto, interactúan entre sí para configurar pautas de estructuración estables y coherentes, y con ello definir un estado de comprensión de la realidad.

El asumir esta postura implica concebir la interacción virtualidad y fractalidad como una comunión de sujetos y objetos, en razón a la latencia y complejidad que las expresa y no representa, y que, por ende, no puede ser concebida una sin la otra. Este hecho le permite ser explicitada (Elias, 1990; Latour, 1993) como una relación entre cultura y personas que no están determinadas en ningún sentido (de la virtualidad a la fractalidad o viceversa), sino por una escala; es decir, que ambas son a escala diferente, expresión de una misma dinámica (Hernando y González, 2011).

Vista así, la EV, desde la fractalidad, presupone un encadenamiento progresivo de niveles, que evoluciona conforme a las necesidades y demandas del sujeto en su dinámica formativa.

3. VIRTUALIZACIÓN DE LA EDUCACIÓN

En el habla frecuente, la virtualidad⁶ suele expresarse como contrapuesta a la realidad. En términos cognitivos, esta discurre más allá de lo imaginable, «corresponde a una transformación de los procesos mediante los que se aprende, constata (anota) y explica el mundo; procesos que están en sintonía y dependencia con el nivel de desarrollo de los medios tecnológicos del actual momento histórico» (Levy, citado en Cardona, 1998, p. 2).

⁶ Optamos por el término «virtualidad» en vez de «virtual», en razón a que el primero, por sí solo, implica mejor una posibilidad realizable, que hace factible la relativización de la coincidencia físico-temporal. El segundo término requiere de uno precedente para explicitar su funcionalidad (por ejemplo, educación virtual).

¿Qué es la virtualidad?, un pormenorizado recorrido por la historia semántica del término, para la comprensión del fenómeno, señala que, en sentido estricto, no guarda afinidad con lo falso, lo ilusorio o lo imaginario, sino que expresa un sentido de potencialidad. No es de ningún modo lo opuesto a lo tangible y concreto, sino una forma de ser fecunda y realizable, que abre horizontes, cava pozos llenos de sentido bajo la superficialidad de la presencia física inmediata.

En términos aristotélicos, es lo potencial, aquello que puede ser, pero que todavía no es. Como ejemplifica Levy (1998), el árbol está *virtualmente* en la semilla, consiguientemente, no es contraria a lo existente, sino una forma de ser de lo real, un momento en el proceso de extensión con el que la realidad se desarrolla. Así, la virtualización es un fenómeno dinamizador de la realidad, uno de los vectores de creación de realidad, que permite «pensar que somos capaces de trascender nuestro cuerpo con tan solo simular que no dependemos de él» (Ihde, 2004, p. 13).

La virtualidad conjetura una reconversión de las coordenadas clásicas del espacio y el tiempo, por un sistema donde no desaparecen sino que se virtualizan. Este hecho no significa ausencia ni desvanecimiento en su configuración, por el contrario, es la entrada a un espacio-tiempo diferente al que hay que acceder para su usufructo (García, 2009); o como precisa Castells (1997), unas coordenadas reticuladas e informacionalizadas, concretadas en espacios de flujos y tiempos atemporales.

Propiamente, en la EV, la estructura espacial clásica del aula se «vaporiza», para entrar en una especie de aula simulada e ilimitada, donde el espacio se recrea como una realidad de simulación: de virtualización, un espacio donde discurre una inmensidad de posibilidades. Asimismo, se rompe la estructura del tiempo, un curso deja de impartirse en un período u horario determinado. El estudio y consulta se relativizan, como la tutoría o el trabajo en grupo. En la realidad virtual, las actividades se realizan fuera del marco temporal, en un sistema donde el tiempo y el espacio son virtuales, de acuerdo con las demandas de flexibilidad y accesibilidad.

Más convenientemente, el espacio y el tiempo se han (re)convertido en lugar y acontecimiento, territorio y momento, al introducir referencias personales y colectivas, marcas, señales, huellas de acción y movimiento, de creación y destrucción de sitios. Un espacio-tiempo cuyos lugares permiten procesos de simbolización y significación sobre la base de la apropiación, orientación y de uso de los usuarios, desde una apropiación temporal, lo que, igualmente, muestra la relevancia del tiempo social, en cuanto capacidad para medir las relaciones entre el pasado y el futuro de un presente (Martín *et al.*, 2011).

En estos entornos, aun con la pérdida del contacto físico, existe una interacción más activa y enriquecedora que la brindada en una clase tradicional por medio de las diversas herramientas comunicativas; cuya «calidad de la meta de la acción no depende exclusivamente de la mediación tecnológica, sino de la situación que crean los agentes intencionales dentro del sistema técnico en el que configuran sus prácticas» (García, 2005, p. 100).

En esas condiciones, la EV como tarea comunicativa organizada en niveles semejantes a la organización fractal será eficaz y desafiante si se sujeta a la resolución conjunta de problemas y, dependerá de la medida en que los participantes desarrollen unas bases sólidas de comprensión común.

Su abordaje considera compartir los recursos individuales del conocimiento donde es probable que el éxito de una actividad conjunta dependa de lo bien que se establezcan unas reglas básicas colaborativas para trabajar conjuntamente; dado que la era de la información y el mundo interconectado están obligando a los educadores a replantear sus experiencias. Un contexto donde es evidente que el valor añadido del «futuro basado en el conocimiento» será aquel que promueva la capacidad para pensar y aprender de forma autónoma y al momento; y que promueva en los estudiantes ser críticos y autoorientados, motivados y capaces para reflexionar sobre la cooperación; y también, para seguir aprendiendo a lo largo de la vida (Garrison y Anderson, 2005).

En esencia, la opción por la virtualidad responde a su comprensión como semblanza de la realidad (pero no real), que ha estado siempre presente entre nosotros. Antes, la potencialidad de la virtualidad residía en la posibilidad de hacer real la imaginación, en las ideas, en las creencias. Hoy, el potencial de la tecnología posibilita una nueva forma de reconstruir la imaginación, de hacer realidad la virtualidad de nuestras ideas; en un transcurrir, que paradójicamente se denomina «realidad virtual».

La virtualidad es el paradigma dominante respecto a otras expresiones humanas. Esto es trascendental y de consideración para el ejercicio educativo. Representa el parangón desde donde construir una práctica consciente, al constituir el modo de representar, organizar y transmitir el producto del ejercicio de la función simbólica que los humanos realizamos. Por contraposición a otros medios, lo virtual se define como altamente interactivo, lo que elimina la pasividad del espectador que otros medios, como la televisión, presentan (Quirós, 2001). Y que Baudrillard (1984) entiende como una referencia a una sustancia, que genera los modelos de algo real sin origen ni realidad: lo hiperreal.

En su prolongación pedagógica, la virtualidad va más allá de la utilización de las nuevas tecnologías en educación. No es predecible ni mecánica. Viene impulsada por el proceso, es dinámica, evoluciona y puede tornar un acontecimiento impredecible en relativamente trivial (Tiffin y Rajasingham, 1997). En su decurso genera «espacios que permiten a la gente moverse, expresarse y compartir opiniones, sentimientos, valores, manipular e intercambiar objetos, etcétera, y crear así progresivamente grupos, comunidades de acción» (González y Hernández, 2008, p. 8).

Concretamente, cuando nos referimos a la virtualización de la educación, estamos ante un paradigma que se traduce «en un campus virtual con un conjunto de espacios virtuales cuyas funciones deben estar interrelacionadas, de la misma forma que lo están las funciones de la gestión del conocimiento» (Silvio, 1998, p. 30). Esta adaptación demanda proactividad y una alta tasa de renovación permanente de conocimientos. De esa manera, la virtualización educativa se torna en un factor de transformación de las estructuras y funciones, un instrumento para ampliar la cobertura, impulsar la calidad, pertinencia y equidad de acceso y, una manera de construir un nuevo entramado formativo.

Para que la EV adquiera significatividad e implicación en el desarrollo humano y social, es conveniente preparar el terreno y compartir con los profesores involucrados en la virtualización de las aulas y, con los propios alumnos, los siguientes aspectos:

- a) la manera en que la virtualización varía la propia concepción de la clase y del proceso educativo al responder cómo queda modificada por la incorporación virtual;
- b) la ubicación concreta de la actividad virtual y los usos principales del ordenador en tales situaciones, al responder a dudas relativas, a las dimensiones sobre las que se deben confeccionar las actividades de aprendizaje;
- c) las diferentes representaciones que puede tener un aula virtualizada, al responder sobre qué formatos son «lícitos» o pueden establecer un aula virtual y
- d) los elementos concretos que conformarán dicha clase virtual, al responder qué puede haber dentro de un aula virtual (Barberá, 2002).

Veamos ahora cómo se organiza y hace sinérgica la EV para cumplir de un modo efectivo la interacción, que propone Tiffin y Rajasingham (1997, p. 51) en la sociedad de la información. Involucra conectar en una red virtual a estudiantes, profesores, conocimientos y los problemas a resolver, trascendiendo la simple interacción estudiante-profesor; al incluir una serie de aspectos convergentes y fundamentales, ampliados desde la Zona de Desarrollo Próximo

(ZDP) de Vygotsky (1988) a partir de los tres factores críticos del proceso educativo:

- alguien en el papel de aprendiz,
- alguien en el papel de profesor; y
- algo que constituye un problema que el aprendiz está tratando de solucionar con ayuda del profesor (contenido educativo).

Por implicación, existe un cuarto factor —el conocimiento necesario para solucionar el problema. Tiffin y Rajasingham sostienen «que la interacción de estos cuatro factores —aprendiz, profesor, conocimiento y problema en un contexto determinado— constituye el proceso fundamental de comunicación que es la educación» (1997, p. 51).

4. Los niveles fractales de la educación virtual

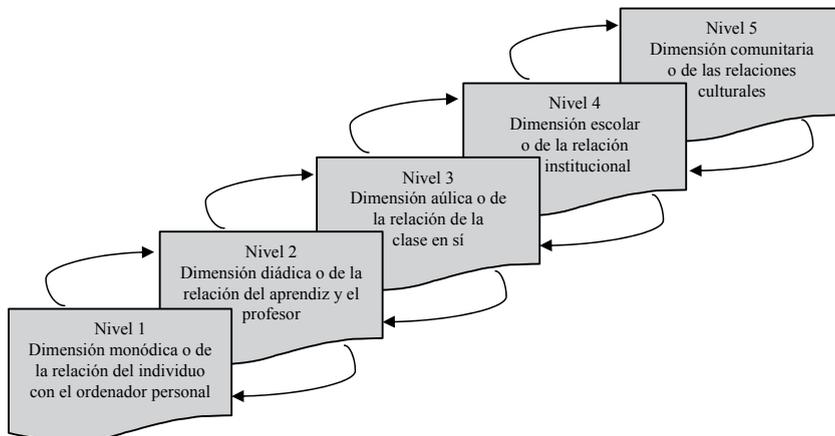
La educación es un acto comunicativo, construido y reconstruido en varias instancias y secuencias, que requiere de «por lo menos cinco capacidades:

1. Presuponer la participación-intervención del receptor, sabiendo que participar es mucho más que responder «sí» o «no» y mucho más que escoger una opción dada. Participar es modificar, es interferir en el mensaje.
2. Garantizar la bidireccionalidad de la emisión y recepción, sabiendo que la comunicación es producción conjunta de emisión y recepción; el emisor es receptor en potencia y el receptor es emisor en potencia; los dos polos codifican y decodifican.
3. Poner a disposición múltiples redes articulatorias, sabiendo que no se propone un mensaje cerrado; muy al contrario, se ofrecen informaciones en redes de conexiones que permiten al receptor una amplia libertad de asociaciones y significaciones.
4. Engendrar la cooperación, sabiendo que la comunicación y el conocimiento se construyen entre alumnos y profesor como cocreación.
5. Suscitar la expresión y la confrontación de subjetividades, sabiendo que el habla libre y plural supone lidiar con las diferencias en la construcción de la tolerancia y de la democracia» (Silva, citado en Burgui, 2010, p. 184).

En la era digital, la ordenación fractal de la EV armoniza un todo orgánico, desde una estructura básica, donde cada dimensión es un complejo patrón de interacciones cuyas tramas guardan similitud entre sí y, están erigidas en bifurcaciones infinitas, a partir de su fraccionamiento en diferentes estadios de expresión.

Gráfico

Niveles iterativos de la organización fractal de la educación virtual



Fuente: elaboración propia.

Nivel 1: Dimensión monódica o de la relación del individuo con el ordenador

La virtualidad es una propiedad devenida del proceso creador de la especie humana, donde la educación se libera de los límites del espacio y las restricciones del tiempo. En la EV se establece una relación simbiótica entre el individuo, como aprendiz, y la tecnología telemática. La realidad virtual posibilita que el estudiante analice «modelos desde cualquier ángulo, desde la perspectiva macro y micro, desde dentro y desde fuera, en parte o en total» (Tiffin y Rajasingham, 1997, p. 181) y, a su vez, propicia el aprendizaje autónomo, dado que la actuación se torna en participación interactiva.

Esta actividad mental, aparentemente, es una labor aislada, pero no, el engranaje de información procedente de los factores fundamentales de la educación parece tener lugar en las redes de la mente, lo que contribuye a la socialización (Blázquez, 2001). El proceso de construcción del conocimiento establece una red neuronal de interrelaciones (un número indeterminado de 10 a 100 billones de nodos neurales conectados por sinapsis electroquímicas) que desencadenan el saber, el hacer y el ser al entrar en contacto con el conocimiento, administrado tecnológicamente (vía un ordenador, conectado o no a una red y/o red de redes) e internalizado por el sujeto aprendiz, al plantearse una situación problemática.

En esta relación, parece faltar la figura del profesor, pero no, el papel es compartido por el aprendiz en interactividad con el ordenador, quien hace el papel del que se enseña a sí mismo, es él quien aprende y controla la secuencia y dinámica de su aprendizaje, al asumir la consciencia de los problemas que intenta resolver, mediante un «diálogo» similar a una conversación profesor-alumno sobre un problema. Esto es posible, si se la asume como un «medio para asimilar el mundo, puede abordar la realidad desde perspectivas perceptivas hasta ahora desconocidas» (Münker, 1997, p. 123).

En el «autoestudio dirigido y asistido» emerge la imagen de un estudiante esforzado, que en interacción con su ordenador podrá enviar sus trabajos o consultas por correo electrónico, buscar información en una biblioteca digital o una base de datos, interactuar con la multimedia que proporciona un CD Rom o DVD en formato vídeo o audio, o un software, o una plataforma virtual. Dichas ayudas constituyen instrucciones inteligentes asistidas por ordenador, que asume «el papel de profesor automatizado o ser una fuente de conocimientos y problemas» (Silva, 2005, p. 45).

Cuando la relación «con el yo» resulte insatisfactoria, el siguiente nivel fractal de la educación puede concurrir como viabilidad para el desencadenamiento de los factores que hagan propicia la construcción del conocimiento.

Nivel 2: Dimensión diádica o de la relación del aprendiz y el profesor

Cuando el estudiante tropieza con dificultades para un aprendizaje autónomo en la EV, trata de resolver un problema y se encuentra con la imposibilidad de solucionarlo, busca establecer una conexión diádica con otro nodo que contiene el conocimiento. Para ello, recurre a un compañero de clase o llama a su profesor para pedirle ayuda. Abre así, nuevamente, una red diádica; pero esta vez conecta con un nodo docente que también podría ser una fuente de conocimiento (Tiffin y Rajasingham, 1997). En esta relación se conjuga una variedad de recursos disponibles para estudiar un problema determinado. Con frecuencia, hay alguien que tiene algún conocimiento del tema y alguien que se revelará como profesor en relación con el problema, al igual que una «comunidad» que ayuda a comprender lo realmente específico y novedoso, que no añade confusión analítica y nos aleje de dicha comprensión (García, 2002).

La tecnología telemática en este proceso anima a las personas a utilizarla, dado que contiene el potencial para desarrollar un entorno instructivo que satisfaga sus requerimientos cognitivos, por medio de un diseño instructivo asistido por ordenador (un conjunto de instrucciones, un tablero o pizarra electrónica, un sistema de proyección, navegando a través del hipertexto, entre otros).

En ese propósito, los aspectos ambientales cumplen un papel conciliador, cada nodo de la red representará una habilidad que es subsidiaria a la habilidad de resolución del problema o requisito necesario (Tiffin y Rajasingham, 1997). Sin embargo, será ese alguien quien, partiendo de la relación establecida, ayudará a la construcción del conocimiento, «apoyándose en la utilización de recursos potenciadores de la expresión democrática entre alumno y profesor» (Silva, 2005, p. 43).

Las habilidades transmitidas mediante esta relación diádica se perciben a sí mismas, como un proceso alternativo de habilidades analizadoras y sintetizadoras, expresadas en diferentes niveles fractales (Tiffin y Rajasingham, 1997). Estas se representan como un «mapa de instrucción» donde se puede seleccionar el nodo de habilidad deseado y recibir instrucciones estructuradas jerárquicamente. La vía propuesta no es una secuencia lineal, sino que depende del usuario asignarle el recorrido más apropiado a sus necesidades, motivaciones e intereses. Dichas alternativas son susceptibles de variados tratamientos que van desde ejercitar un problema y solucionarlo, solo o con ayuda; o pedir esclarecimientos a alguien (profesor, compañero adelantado, etcétera) de los conocimientos a aplicar en las contrariedades presentadas; o pedir una demostración de cómo se pueden emplear los conocimientos en los problemas analizados.

En esa dinámica, a pesar del andamiaje de ayudas, puede que no basten para afrontar autónomamente una situación problemática, entonces, el aprendiz puede recurrir, cuantas veces lo desee, a un profesor (o un programa de «inteligencia artificial») para un *feedback* sobre su progreso en una habilidad determinada.

No siempre la relación «de tú y él» resulta oportuna y apropiada, suele ser distorsionada por otros factores impropios, dado que la educación es comunicación y se expresa en diferentes dimensiones fractales. Si esto ocurre, será necesaria la búsqueda de otro nivel fractal que posibilite que los ejes aprendiz-profesor y conocimiento-problema se comprendan e interactúen en conexión nódica que favorezcan las relaciones interpersonales y las actividades a desarrollar.

Nivel 3: Dimensión áulica o de la relación de la clase en sí

El estudiante está presente en todos los sistemas educativos, tal vez, más visiblemente, en el escenario aula. Aquí, la comunicación se supone directa e involucra situaciones más intensamente vivenciales, por medio de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. En la EV, los usuarios están en permanente

contacto con la tecnología (ordenador portátil, móvil, palmtop, etcétera). El docente se abre a la cultura comunicacional emergente para modificar el ambiente de aprendizaje de su aula y, educar de acuerdo con las características de nuestro tiempo (Silva, 2005). Asume, en la parte que le corresponde, el diseño, la planificación, el desarrollo y la evaluación de estas tecnologías convergentes, al entender el aula como una red, al reflejar lo que acontece en la sociedad-red, similares a las «redes de socialibilidad con una geometría y una composición variable» (Castells, 2001, p. 151).

En el ambiente de la relación de la clase en sí aparecen muchos nodos de conocimiento, provenientes del ambiente externo o de lo generado en la interacción del aula. Las interacciones construidas sobre estas redes neuronales y contextuales pueden proporcionar la posibilidad de cambiar de un nivel fractal a otro, cuando la red de grupo no es contributiva.

La sociedad de la información deja abierta la posibilidad de una aula extra-muros, ambiente propicio para la EV, al irradiar la comunicación para un intercambio diádico en red estrella, donde estudiante y docente son conscientes del diálogo fructífero generado. La realidad virtual propone una serie de recursos telemáticos (foros, chats, etcétera) para que dicha interacción tenga un efecto indirecto sobre los otros. El proceso educativo propicia que el profesor ayude al estudiante a aplicar el conocimiento a la resolución del problema, tomando como plataforma de interactividad el aula virtual, mediante una comunicación sincrónica o asincrónica. El modelo presupone varios centros de teleconferencia unidos en red para un estudio organizado, mediante la figura de un moderador o profesor, o varios a la vez, pero coordinados. Cada alumno en su propio dominio fractal de la educación, encauzará su aprendizaje asumiendo, si necesita, una parte diferente del problema para luego sintetizar los resultados, ya sea cambiando de redes, de una macro a micro o viceversa. El conocimiento así elaborado es un producto compartido que transita por varios niveles fractales de la red en curso.

Dentro de este tipo de aulas, las clases se flexibilizan y el estudio puede darse de forma autónoma, hacerse con un profesor virtual, en parejas o en pequeños grupos. Los docentes pueden reunirse con ellos en telepresencia para enseñanza individual, o reunirse en grupo en una clase virtual (Tiffin y Rajasingham, 1997), a fin de concretar los contenidos organizados y establecidos previamente. Su acreditación o certificación requiere de una instancia superior, un siguiente nivel de confirmación (escuela, universidad o sistema educativo).

En esta concurrencia de hechos, todo se compatibiliza, los factores críticos del proceso educativo con los niveles fractales de organización de la educación. El engranaje genera una multiplicidad de comunidades y culturas distantes

o cercanas, mediante una «conducta característica o propia (*eigenbehaviour*) de los sistemas psíquicos y sociales» (von Foerster, 1982, p. 273). Su hilo conductor es el interés común por aprender cómo aplicar el conocimiento a un ámbito problemático en concreto, desde diferentes perspectivas y en un grado de complejidad creciente. Esto demanda un nivel fractal de agrupamiento que sistematice todo ese saber y lo devuelva en función a las demandas consentidas.

Nivel 4: Dimensión escolar o de la relación institucional

El término «escuela» (por extensión) refiere a las instituciones educativas (colegio, instituto, universidad, escuela de postgrado, etcétera), donde la clase en sí o el aula es un nodo de procesamiento de la red. Forma parte de un sistema educativo más amplio, regional o nacional, en el que se agrupan diversos procesos pedagógicos (ciclos de aprendizaje, módulos, grados, estructura de las aulas, etcétera).

El sistema educativo controla el funcionamiento de las relaciones de enseñanza y aprendizaje, de acuerdo con las demandas sociales y económicas, y determina el diseño y la planificación de la instrucción y regula el «transito escolar» en tiempo y espacios. En la EV, esto se supera, pues se deja que el aprendiz decida lo que quiere estudiar, cuándo y cómo, y que sea este quien busque el aprendizaje que para él tiene sentido, lo que lo motive a esforzarse por aprender (Tiffin y Rajasingham, 1997).

Las clases virtuales dan lugar a «comunidades virtuales de aprendizaje»⁷. Son estas instancias, más complejas, las que proporcionan servicios, bibliotecas y administración de apoyo para concretar las previsiones educativas. En ese discurrir progresivo emergen diversas experiencias institucionales de EV, como las universidades virtuales, abiertas o a distancia (Universidad Nacional de Educación a Distancia, Universidad Oberta de Cataluña, entre otras) o programas combinados con la presencialidad (*blended learning*), no solo en la educación terciaria, sino en niveles menores (Telesecundaria en México, Programa Huascarán en Perú, etcétera).

⁷ Las comunidades virtuales de aprendizaje son «grupos estables en el ciberespacio con una cultura y características propias confeccionados alrededor de un objeto general de aprendizaje y comprometidos a hacer avanzar de manera virtual un área o el conocimiento concreto que comparten o da sentido a la existencia de su comunidad. La configuración de la comunidad en la que puede incorporarse o bien profesores o bien alumnos o ambos colectivos —e incluso otros, como padres o administradores— se realiza de manera progresiva y modelando unos hábitos y normas que conforman su «manera de ser». De dichas normas, muchas veces implícitas, depende el buen funcionamiento de la comunidad, juntamente con el compromiso de alimentarla cognitivamente y desarrollar el objetivo propuesto» (Barberá, 2002).

La versatilidad institucional hará factible discurrir apropiadamente por este nivel, donde son necesarios los apoyos externos con los que cuenta el ser humano para provocar transformaciones en su mente. Por esa razón, los objetos que nos sirven para ordenar y reponer externamente la información se consideran instrumentos psicológicos, en tanto permiten amplificar y extender las funciones intelectuales del ser humano, al situarlo más cerca de la condición de «herramienta cognitiva» (Ortega, 2004).

En la relación didáctica, el estudiante interactúa con la institución. El usuario-aprendiz constituye un nodo en la red de las instituciones virtuales. Estas, también tendrán una red interna en la que los nodos sean la teleadministración, los servicios de teleapoyo, la telebiblioteca y sus departamentos académicos. Cada departamento, a su vez, tiene su propia jerarquía de niveles fractales y una telebiblioteca como red de colecciones, una colección conformada por una red de libros, un libro como una red de capítulos, un capítulo como una red de párrafos, y así sucesivamente (Tiffin y Rajasingham, 1997).

La naturaleza fractal de la organización educativa queda así patentizada. La institución educativa es una red de interacciones profesor-estudiantes en las aulas; en las que las interacciones se dan en las clases. Una clase implica una interacción profesor-estudiante. Un estudiante puede interactuar consigo mismo. En todas las interrelaciones, interactúan los factores fundamentales del proceso educativo: aprendiz-profesor-problema-conocimiento. Esta relación define una dinámica de comunicación envolvente con propósitos definidos.

Nivel 5: Dimensión comunitaria o de las relaciones culturales

Las experiencias educativas se construyen en «una especie de redes de información a niveles que pueden variar desde la red neurológica del cerebro humano hasta la red de telecomunicaciones de la aldea global» (Tiffin y Rajasingham, 1997).

La eclosión tecnológica de la telemática propicia que las fronteras se superpongan, lo que da lugar a situaciones de globalización en todos los órdenes del acontecer humano y social. A este quehacer no se substraen la educación, por el contrario, se «apropia» del paradigma dominante, a fin de contribuir a la desregularización de la educación y muta su forma actual, de presencial a virtual.

Las interacciones culturales van más allá de la institución educativa, se inscriben en una lógica de relación mundial, donde el conocimiento se construye y reconstruye desde la experiencia personal que, amplificada por la información, se transforma en comprensión por medio de la construcción del conocimiento. Su reconocimiento se orienta a una acción de importancia

personal y social y, al enriquecimiento continuo del marco de referencia dentro del cual se interpretará la experiencia futura. Naturalmente, esta experiencia ofrece el punto de partida de un nuevo ciclo, de manera que, desde la perspectiva de la trayectoria evolutiva de un individuo o de una comunidad, una espiral sería una metáfora más adecuada. Como señala Well (2001), la comprensión, vista —como un medio permitirá transformar continuamente tanto al individuo como al entorno social— y, por ende, debería ser la meta de toda actividad educativa.

El sistema vigente, caracterizado por las utopías realizables, sitúa a la educación entre el entramado de la política económica, en una concepción rentista, impulsada por motivos de ganancias, sujeta a la competición de un mercado abierto y pagado por un usuario exigente, frente a la mezcla de política social y cultural interesada por la igualdad de oportunidades y la conservación de la cultura nacional y, del modo de vida local (Tiffin y Rajasingham, 1997). Ante esta dicotomía, compete a la educación generar habilidades globalmente competitivas (sociales, culturales, laborales, etcétera), no contra los otros, sino con ellos, en sinergia permanente, mediante el uso de la red de redes: Internet; que potencie la educabilidad, la sociabilización con su entorno y con el mundo, como «un medio esencial de comunicación y organización en todos los ámbitos de la actividad» (Castells, 2001, p. 159).

5. A MODO DE CONCLUSIÓN

Preparar a las personas para su desempeño en la sociedad-red es crear un sistema efectivo de comunicación educativa fundada en una dinámica fractal que permita simultáneamente traslapar cada nivel a conveniencia propia del aprendiz y no regulada por instancia alguna. Así, la educación habrá alcanzado contundencia congruente, lo que dará sentido a la actividad educativa realizada en la red y establecerá el abono para hacer fructificar los resultados.

Este planteamiento presupone «una enorme transformación en la forma de utilizar e incluso de pensar los medios, así como el conocimiento que transportan» (García *et al.*, 2010, p. 24). En ese sentido, el abordaje fractal de la estructura de la EV parece explicar el funcionamiento operacional en torno a cómo se ejercen las diversas relaciones y procesos pedagógicos al concebirlas como conjuntos formados por una infinidad de nodos, donde cada nodo es auto-similar a un todo, pues es la naturaleza del infinito recursivo-iterativa.

La organización fractal de la EV, en sus niveles dimensionales, expresa la idea de generar cada nivel a partir del predecesor, respetando en todo, salvo en la medida (el lugar que abarca), a la anterior; y plantea la idea de la razón

existente entre la primera y la segunda en relación con sus propósitos (Carrera, 1994). Esta razón se manifiesta como la capacidad para reproducirse, moverse o existir en un cierto grado, independientemente del ambiente que lo delimita, al transitar desde un nivel autónomo de aprendizaje hasta el aprendizaje sociocultural o, a la inversa. Sin que, en ningún caso, signifique un continuidad lineal sino, por el contrario, que dentro del desorden es susceptible la capacidad de adaptación pedagógica, en función a las posibilidades de aprehensión del conocimiento. Esto ocurre al viabilizar la evolución de los primarios entornos de información y comunicación que podría pensarse preexistente solo en el primer nivel, respecto a la naturaleza del «artefacto» que la soporta, el ordenador; hacia entornos de formación de mayor recursividad, como la concebida en el nivel 5.

En ese entender, las estructuraciones espaciales «reconstruidas» como entornos virtuales «habitados» despliegan socialidad. Al propiciar la interactividad, hacen posible la coexistencia y combinación de acciones y situaciones de distintos tipos de agentes y sujetos educativos, de variada procedencia y nivel de incidencia, sin requerir contigüidades espaciales o temporales. Este hecho no significa negar la existencia de componentes y entramados espacio-temporales (García, 2009), claramente representados en la naturaleza fractal de la EV, como procesos recursivos a los que se puede acceder indistintamente sin mayores limitaciones.

Llegado aquí, dejamos latentes nuestras incertidumbres y pretensiones ante la virtualidad. Frente a ello, incumbe una intensa reflexión dialéctica sobre si las tecnologías virtuales ayudarán a cambiar el espectro de crisis que vive la educación. Es más, si el enfoque fractal propuesto explica lo que sucede en la dinámica de los procesos de enseñanza y aprendizaje en estos escenarios y, si la estructura artefactual definida expresa lo que acontece en los diversos nodos educativos; o estamos ante otro empeño que queda en el escaparate, es decir, que no revela la esencia pedagógica de los entornos virtuales de formación.

En la pretensión de aportar para la comprensión de la EV como política educativa, es decir, como «un programa de acción gubernamental en un sector de la sociedad o en un espacio geográfico» (Mény y Thoening, citados por Muller, 2002, p. 48). De viabilizar unos principios para concretar posibilidades. De un contexto que precisa no solo de la ampliación de la cobertura, sino, sobre todo, de la calidad (de mejora sustancial y continua). En esencia, la consideración fractal de la EV brinda un marco de aproximación para salvaguardar el acceso y continuidad de los derechos de los ciudadanos a la educación, con criterios de igualdad, de respeto a la diversidad y de apertura a más oportunidades. Este espacio formativo no responde a una lógica unilineal sino caótica del orden consciente.

La EV puede aportar a la reversión del analfabetismo informacional, al popularizar el uso de las tecnologías en la búsqueda de la actualización permanente. En un primer plano, el social, al constituir un instrumento para lograr la inclusión, por las características diferenciales que presenta. En otro plano, el pedagógico, al interpretar, tanto las aproximaciones analíticas y explicativas sobre el diseño y la evaluación de entornos, materiales, etcétera.

Por consiguiente, nos corresponde como educadores seguir indagando sobre cómo ocurre lo que sobreviene en la EV. Esta indagación tiene que aproximarnos progresivamente a develar la realidad intrínseca del acto formativo protagonizado en las redes virtuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barberá, E. (2002). *La educación en la red. Actividades virtuales de enseñanza y aprendizaje*. Barcelona: Paidós.
- Baudrillard, J. (1984). *Cultura y simulacro*. Barcelona: Cairos.
- Benito, J. (2009). *Análisis fractal de una red compleja. Caso: Red de investigadores de la SEPIESIME-Zacatenco*. Tesis doctoral. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Blázquez, F. (coord.) (2001). *Sociedad de la información y educación*. Mérida: Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología.
- Burgui, T. (2010). Qué oportunidades ofrece la «nueva cultura digital» a las ONGD en su condición de *entidades educadoras*. En T. Burgui y J. Erro (coords.). *Comunicando para la solidaridad y la cooperación. Como salir de la encrucijada*. (179-200). Pamplona: Foro Comunicación, Educación y Ciudadanía.
- Bustos, A. y C. Coll (2010). Los entornos virtuales como espacios de enseñanza y aprendizaje. Una perspectiva psicoeducativa para su caracterización y análisis. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(44), 163-184.
- Cardona, G. (1998). *Especialización en docencia universitaria. Seminario Ayudas didácticas apoyadas por computador*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Carrera, J. (1994). Los fractales. *Epsilon* 28, 27-53.
- Castells, M. (1997). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*. Madrid: Alianza Editorial.
- Castells, M. (2001). *La Galaxia Internet*. Barcelona: Plaza & Janés.
- Contreras, J. (1991). *Enseñanza, currículum y profesorado*. Madrid: Akal.
- De Spinadel, V. (2003). Geometría fractal y geometría euclidiana. *Revista Educación y Pedagogía*, XV(35), 85-91.

- Elias, N. (1990). *Compromiso y distanciamiento*. Barcelona: Península.
- Ferrández, A. (1995). *El formador en el espacio formativo de las redes*. Manuscrito. Departamento de Pedagogía Aplicada. Universidad Autónoma de Barcelona.
- García, Á. (2009). Análisis del espacio en los entornos virtuales de formación. *Teoría de la Educación*, 21(1), 103-128.
- García, F., A. Moreno, A. Gil, R. López y J. García (2001). Espacios virtuales educativos como complemento a las actividades formativas clásicas en el ámbito de Internet. *Revista de Enseñanza y Tecnología*, 1, 43-55.
- García, I., I. Peña López, L. Johnson, R. Smith, A. Levine y K. Haywood (2010). *Informe Horizon: Edición Iberoamericana*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- García, J. (2002). Virtualidad, realidad, comunidad. Un comentario sociológico sobre la semántica de las nuevas tecnologías digitales. *Papers*, 68, 81-106.
- García, J. (2005). Virtualidad formativa de las prácticas mediadas por la tecnología informacional. En S. Peiró i Gregori (coord.). *Nuevos espacios y nuevos entornos de educación* (pp. 43-118). Alicante: ECU.
- Garrison, D. y T. Anderson (2005). *El e-learning en el siglo XXI. Investigación y práctica*. Barcelona: Octaedro.
- Gimeno, J. (2001). *Educar y convivir en la cultura global. Las exigencias de la ciudadanía*. Madrid: Morata.
- González, M. y M. Hernández (2008). Interpretación de la virtualidad. El conocimiento mediado por espacios de interacción social. *Apertura*, 8(9), 8-20.
- Hernando, A. y A. González (2011). Fractalidad, materialidad y cultura: un estudio etnoarqueológico de los awá-gujá de Maranhão (Brasil). *Revista de Antropología*, 24, 9-61.
- Ihde, D. (2004). *Los cuerpos en la tecnología. Nuevas tecnologías: nuevas ideas acerca de nuestro cuerpo*. Barcelona: UOC.
- Kuhn, T. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Latour, B. (1993). *Nunca hemos sido modernos. Ensayo de antropología moderna*. Barcelona: Debate.
- Levy, P. (1998). *¿Qué es lo virtual?* Barcelona: Paidós.
- Mandelbrot, B. (1982). *The fractal geometry of nature*. Nueva York: W. H. Freeman and Co.
- Marcelo, C. y V. Perera (2007). Comunicación y aprendizaje electrónico: la interacción didáctica en los nuevos espacios virtuales de aprendizaje. *Revista de Educación*, 343, 381-429.

- Martín, A., J. Muñoz, A. García y M. Sánchez (2011). Notas para una interpretación educativa del espacio-tiempo social en la Red. *Pedagogía Social. Revista interuniversitaria*, 18, 13-30.
- Muller, Pierre (2002). *Las políticas públicas*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Münker, S. (1997). Was heisst eigentlich: «virtuelle Realität»? En S. Münker y A. Roesler (eds.). *Mythos Internet*. Fráncfort: Suhrkamp.
- Ortega, S. (2004). *Multimedia, hipermedia y aprendizaje. Construcción de espacios interactivo*. Salamanca: Universidad Pontificia de Salamanca.
- Quirós, A. (2001). *La escuela virtual y el cambio de paradigma docente*. <http://espectador.com/text/ent05172.html>
- Rodríguez, J. (2006). *La dinámica de la innovación tecnológica. Modelo hiper 666*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Siemens, G. (2010). Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital. En R. Aparici (coord.). *Conectados en ciberespacio* (pp. 77-132). Madrid: UNED.
- Silva, M. (2005). *Educación interactiva. Enseñanza y aprendizaje presencial y on-line*. Barcelona: Gedisa.
- Silvio, J. (1998). La virtualización de la educación superior: alcances, posibilidades y limitaciones. *Educación Superior y Sociedad*, 9(1), 27-50.
- Silvio, J. (2006). Hacia una educación virtual de calidad, pero con equidad y pertinencia. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 3(1). <http://www.uoc.edu/rusc/3/1/dt/esp/silvio.pdf>. Fecha de consulta: 14 de abril de 2012.
- Tiffin, J. y L. Rajasingham (1997). *En busca de la clase virtual. La educación en la sociedad de la información*. Barcelona: Paidós.
- Unigarro, M. (2001). *Educación virtual: encuentro formativo en el ciberespacio*. Bucaramanga: UNAB.
- Vigotsky, L. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Grijalbo.
- von Foerster, H. (1982). *Observing Systems*. Seaside: Intersystems Publications.
- Well, G. (2001). *Indagación dialógica. Hacia una teoría y una práctica socioculturales de la educación*. Barcelona: Paidós.
- Wikipedia (2006). *Fractales*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Fractal>

Fecha de recepción: 30 de octubre de 2012

Fecha de aceptación: 25 de enero de 2013